

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：21K17530

研究課題名（和文）骨格筋性疼痛に対するミラーセラピーを用いた新たな治療戦略開発のための実験的研究

研究課題名（英文）Development a new treatment strategy using mirror therapy for skeletal muscular pain

研究代表者

森内 剛史（Moriuchi, Takefumi）

長崎大学・医歯薬学総合研究科（保健学科）・准教授

研究者番号：40814124

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、急性骨格筋痛患者における中枢神経系に対するリハビリテーション介入の開発に向けた橋渡し研究として、実験的な急性痛状態にある健常成人を対象に、ミラーセラピーによる効果を皮質脊髄路の興奮性や主観的な痛みの程度を指標に検討することである。その結果、ミラーセラピーを実施することで、皮質脊髄路の興奮性は実施しない群と比較し、有意に高値を示し、痛みが誘発され完全に消失するまでの時間も、ミラーセラピーを実施した方が、有意に短縮したことが明らかとなった。骨格筋痛に対するMTは、痛みに伴う皮質脊髄路の興奮性低下の軽減と痛みそのものを軽減できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、骨折等により生じる急性骨格筋痛患者に対する新たな介入法の一つとして、ミラーセラピーの有効性を支持する基礎的なデータであり、急性骨格筋痛患者に対する治療戦略の一つとして更なる発展も期待できる。今後、実際の症例を通じての介入研究での検討は必須ではあるが、本研究の結果からミラーセラピーが骨格筋痛の軽減と、痛みに伴う中枢神経系の可塑的な変化を予防する有効な介入手段となる可能性があるものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the effects of mirror therapy on corticospinal excitability and subjective pain level in healthy adults with experimental acute pain as translational research for the development of central nervous system rehabilitation interventions in patients with acute skeletal muscle pain. The results showed that mirror therapy significantly increased corticospinal excitability compared to the control condition and significantly shortened the time from pain onset to complete resolution. The results suggest that MT for skeletal muscle pain may be able to reduce pain-induced corticospinal excitability and pain itself.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：ミラーセラピー 骨格筋性疼痛 経頭蓋磁気刺激 運動誘発電位 Numerical Rating Scale 高張食塩水

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

痛みは末梢組織損傷もしくは脊髄神経の可塑的な変化だけではなく、中枢神経系の可塑的な変化によっても生じることが明らかとなっている。特に慢性痛は、急性痛の持続による中枢神経系の可塑的な変化によって生じることが知られている。このことから、慢性痛予防の観点からも、痛みに対するリハビリテーションでは、早期から痛みに関連した中枢神経系に対するリハビリテーションの実施が必要であると考えられる。

痛みに対する介入方法の一つとして、Ramachandran らが切断患者の幻肢痛を対象とした治療法として開発したミラーセラピー (MT) がある (図 1)。MT はミラーボックスという箱の中に立てられた鏡に健常肢の動きを映し、その動きを観察することで患側肢に筋運動感覚の錯覚を生じさせ、運動機能の改善や痛みの軽減を図る介入方法であり、その有用性は数多く報告されている (Chan et al., 2007; Sumitani et al., 2008)。しかしながら、MT が痛みを有する対象者の脳に対してどのような影響を与えているかについては、未だ不明な点も多い。



図 1. ミラーセラピーの実施風景

急性痛における中枢神経系の状態を明らかにする神経生理学的手法の一つに、大脳皮質運動野から脊髄への神経伝導路である皮質脊髄路 (CST) の興奮性を反映する経頭蓋磁気刺激 (TMS) による運動誘発電位 (MEP) を指標とした評価がある。これまで高張食塩水を筋肉に注入することで、実験的な急性痛状態にある健常成人の CST 興奮性は安静時と比較し有意に低下することが明らかとなっている。MT は、CST の興奮性増大にも効果があることが報告されているため (Ezendam et al., 2009)、急性痛由来の CST の興奮性低下を予防できる可能性がある。さらに、痛みの場所でない身体部位への運動でも痛みを軽減する効果がある (Naugle et al., 2012) ことから、健常肢の実運動を実施する MT は痛みそのものを抑える効果もあるのではないかと推測する。しかしながら、MT が急性痛に対する中枢神経系に与える効果や痛みの緩和に対する効果については未だ明らかとなっていない。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、実験的に筋性の急性痛を呈した健常成人 (疼痛モデル) を対象に、MT の治療効果を CST の興奮性と痛みの程度を経時的に評価することである。

## 3. 研究の方法

対象は、右利きの健常成人 15 名とし、MT 群 (7 名: 男性 4 名, 女性 3 名) と対照群 (8 名: 男性 4 名, 女性 4 名) にランダムに振り分けた。すべての対象は高張食塩水 (5.8% NaCl, 0.2ml) を右手の第一背側骨間筋 (FDI) に注入し、実験的な骨格筋痛状態にした。MT 群は高張食塩水注入後に自らの左示指内外転運動を 1Hz のリズムで 240 秒間実施した。その際、鏡に映った手の運動を観察し、右の示指で実際に内外転運動をしているような運動錯覚を誘発し、MT 実施後は安静を保たせた。対照群は、高張食塩水注入後から一貫して、安静状態を保たせた。(図 2)

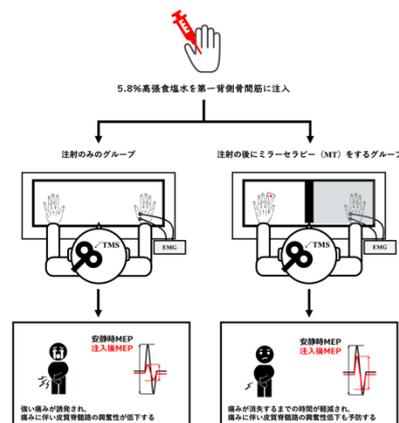


図 2. 本研究の概略図

CST の興奮性の評価は、両群ともに高張食塩水注入後 60 秒から 780 秒後まで 10 秒間隔で TMS を与え、右手の FDI から導出された MEP を指標とした。尚、MT 群に関しては、左手の FDI の筋活動が認められているタイミングで TMS を加えるために、センサースイッチ (ユニークメディカル社, KM221-010) を用いて、左示指左示指外転時の筋活動が認められているタイミングで TMS トリガーと同期した (図 3)。MEP は、安静時、MT 介入期 (MT intervention: 注入後 70-300 秒)、介入後-1 (Post-1: 注入後 310-540 秒)、介入後-2 (Post-2: 注入後 550-780 秒) の 4 つの期間に区分して比較検討した。

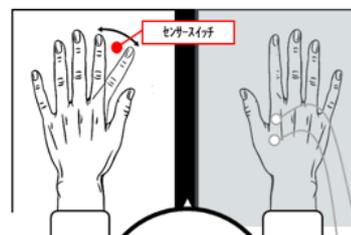


図 3. MT 中の TMS による CST 評価

痛みの評価は、Numerical Rating Scale (NRS) を用い、両群とも高張食塩水注入後から 30 秒毎に口頭にて痛みの程度を確認した。NRS は完全に痛みが消失するまでの時間ならびに、注入後 30 秒から 750 秒後までの 120 秒ごと合計 7 時点での NRS の値を比較検討した。統計解析には、独立したサンプルの t 検定ならびに、二元配置分散分析を実施した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 実験的な骨格筋痛に対する MT による CST の興奮性への影響 (MEP)

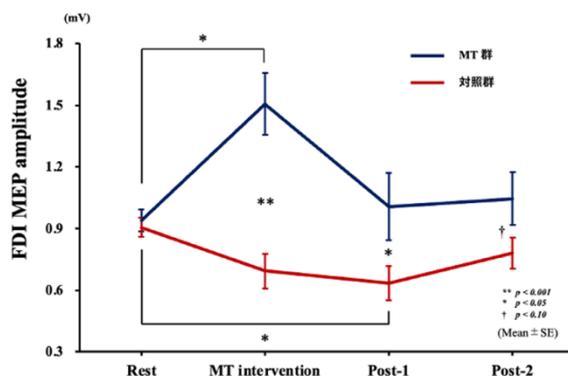


図 4. CST 興奮性の経時的変化

実験的な骨格筋痛に対し、MT を実施することによって、CST の興奮性低下を予防する効果が認められ、その効果は MT を実施した後も認められた。(図 4)

##### (2) 実験的な骨格筋痛に対する MT による痛みへの影響 (NRS)

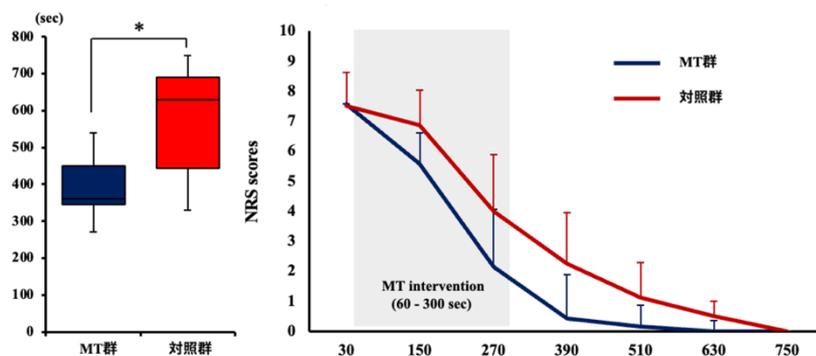


図 5. 左：痛みが完全に消失するまでの時間、右：NRS の経時的変化

実験的な骨格筋痛に対し、MT を実施することによって、痛みが完全に消失するまでにかかる時間が有意に短縮し、急性骨格筋痛時の痛みを軽減する効果が示唆された。(図 5)

本研究は、急性骨格筋痛患者における中枢神経系に対するリハビリテーション介入の開発に向けた橋渡し研究として、実験的な急性痛状態にある健常成人を対象に、MT による効果を CST の興奮性や NRS による主観的な痛みの程度を指標に検討した。その結果、CST の興奮性を反映した MEP 振幅の値は、MT 群が MT の介入中ならび介入後も対照群と比較して有意に高値を示した。また痛みに関しても、痛みが誘発され完全に消失するまでの時間を比較検討し、MT 群の方が有意に短縮したことが明らかとなり、骨格筋痛に対する MT は、痛みに伴う CST の興奮性低下の軽減と痛みそのものを軽減できる可能性が示唆された。

今後は、実際の骨折等による急性痛を呈する患者に対して、中枢神経系に与える影響や、痛みやその他の機能面に対する MT の効果を検討していく必要がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Maruta Michio, Shimokihara Suguru, Akasaki Yoshihiko, Hidaka Yuma, Ikeda Yuriko, Han Gwanghee, Tanaka Goro, Higashi Toshio, Moriuchi Takefumi, Tabira Takayuki	4. 巻 11
2. 論文標題 Associations between Optimism and Attentional Biases as Measured by Threat-Avoidance and Positive-Search Tasks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Healthcare	6. 最初と最後の頁 617 ~ 617
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/healthcare11040617	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nakashima Akira, Moriuchi Takefumi, Matsuda Daiki, Nakamura Jirou, Fujiwara Kengo, Ikio Yuta, Hasegawa Takashi, Mitunaga Wataru, Higashi Toshio	4. 巻 12
2. 論文標題 Continuous Repetition Motor Imagery Training and Physical Practice Training Exert the Growth of Fatigue and Its Effect on Performance	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 1087 ~ 1087
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci12081087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Nishi Keita, Endo Daisuke, Hasegawa Takashi, Moriuchi Takefumi, Ogami-Takamura Keiko, Saiki Kazunobu, Murai Kiyohito, Higashi Toshio, Tsurumoto Toshiyuki, Manabe Yoshitaka, Oyamada Joichi	4. 巻 2022
2. 論文標題 Similarities and Differences in Bone Mineral Density between Multiple Sites in the Same Individual: An Elderly Cadaveric Study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BioMed Research International	6. 最初と最後の頁 1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2022/6094663	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 森内 剛史、西 啓太	4. 巻 56
2. 論文標題 特集 運動イメージ - 科学的根拠に基づく臨床実践をめざして - 運動イメージ能力の客観的評価法	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 理学療法ジャーナル	6. 最初と最後の頁 1010 ~ 1016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11477/mf.1551202784	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Higashi Toshio, Fujiwara Kengo, Shibata Masatomo, Awano Yoshinaga, Shibayama Koji, Iso Naoki, Matsuo Moemi, Nakashima Akira, Moriuchi Takefumi, Mitsunaga Wataru	4. 巻 16
2. 論文標題 A method for using video presentation to increase the vividness and activity of cortical regions during motor imagery tasks	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neural Regeneration Research	6. 最初と最後の頁 2431 ~ 2437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4103/1673-5374.313058	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Iso Naoki, Moriuchi Takefumi, Fujiwara Kengo, Matsuo Moemi, Mitsunaga Wataru, Hasegawa Takashi, Iso Fumiko, Cho Kilchoon, Suzuki Makoto, Higashi Toshio	4. 巻 15
2. 論文標題 Hemodynamic Signal Changes During Motor Imagery Task Performance Are Associated With the Degree of Motor Task Learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.603069	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koyanagi Masahiko, Yamada Mai, Higashi Toshio, Mitsunaga Wataru, Moriuchi Takefumi, Tsujihata Mitsuhiro	4. 巻 15
2. 論文標題 The Usefulness of Functional Near-Infrared Spectroscopy for the Assessment of Post-Stroke Depression	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Human Neuroscience	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnhum.2021.680847	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hasegawa Takashi, Nishi Keita, Nakashima Akira, Moriuchi Takefumi, Iso Naoki, Koseki Hironobu, Tabira Takayuki, Higashi Toshio	4. 巻 100
2. 論文標題 Effects of attentional bias modification on chronic low back pain in older outpatients	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medicine	6. 最初と最後の頁 e27738 ~ e27738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/MD.00000000000027738	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shimokihara Suguru, Tanoue Tomohiko, Takeshita Kosuke, Tokuda Keiichiro, Maruta Michio, Moriuchi Takefumi, Tabira Takayuki	4. 巻 18
2. 論文標題 Usefulness of navigation application for outdoor mobility guides in community-dwelling older adults: a preliminary study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Disability and Rehabilitation: Assistive Technology	6. 最初と最後の頁 467 ~ 474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/17483107.2020.1870005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Okamura Ryohei, Nakashima Akira, Moriuchi Takefumi, Fujiwara Kengo, Ohno Kanta, Higashi Toshio, Tomori Kounosuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Effects of a virtual reality-based mirror therapy system on upper extremity rehabilitation after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurology	6. 最初と最後の頁 1298291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fneur.2023.1298291	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakashima Akira, Okamura Ryohei, Moriuchi Takefumi, Fujiwara Kengo, Higashi Toshio, Tomori Kounosuke	4. 巻 14
2. 論文標題 Exploring Methodological Issues in Mental Practice for Upper-Extremity Function Following Stroke-Related Paralysis: A Scoping Review	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 202 ~ 202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci14030202	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nishi Keita, Moriuchi Takefumi, Okamura Ryohei, Hasegawa Takashi, Chang Xiaoqian, Matsumoto Shinichi, Koseki Hironobu, Higashi Toshio	4. 巻 14
2. 論文標題 Mirror Therapy Reduces Pain and Preserves Corticomotor Excitability in Human Experimental Skeletal Muscle Pain	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Brain Sciences	6. 最初と最後の頁 206 ~ 206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/brainsci14030206	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 森内 剛史 , 西 啓太 , 岡村 諒平 , 張 宗相 , 暢 暁倩 , 長谷川 隆史 , 小関 弘展 , 東 登志夫
2. 発表標題 骨格筋痛による皮質脊髄路の興奮性低下に対するミラーセラピーの効果 : ヒトの実験的疼痛研究
3. 学会等名 第16回日本作業療法研究学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森内 剛史
2. 発表標題 運動観察・運動イメージを用いたリハビリテーションへの応用に向けた神経生理学的検討
3. 学会等名 第16回日本作業療法研究学会 シンポジウム 作業の背景にある感覚運動機能 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森内剛史
2. 発表標題 運動観察に用いる映像の再生速度の違いによる一次運動野の興奮性変化
3. 学会等名 第6回作業療法神経科学学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 肥後範行 , 森内剛史 , 井口圭子 , 杉正明 , 三浦拓
2. 発表標題 リハビリ支援ロボット×ニューロリハビリテーション
3. 学会等名 第6回作業療法神経科学学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森内 剛史 , 西 啓太 , 岡村 諒平 , 小関 弘展 , 東 登志夫
2. 発表標題 骨格筋痛による皮質脊髓路の興奮性低下に対するミラーセラピーの効果
3. 学会等名 第57回日本作業療法学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西 啓太 , 森内 剛史 , 岡村 諒平 , 張 宗相 , 暢 暁倩 , 長谷川 隆史 , 松本 伸一 , 小関 弘展 , 東 登志夫
2. 発表標題 ミラーセラピーは実験的な骨格筋痛を軽減し, 痛みに伴う皮質脊髓路の興奮性低下を抑制する
3. 学会等名 第27回日本ペインリハビリテーション学会 学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 西 啓太 , 森内 剛史 , 岡村 諒平 , 張 宗相 , 暢 暁倩 , 長谷川 隆史 , 松本 伸一 , 川口 京介 , 小関 弘展 , 東 登志夫
2. 発表標題 実験的な急性骨格筋痛に対するミラーセラピーの効果 神経生理学的指標を用いた検討
3. 学会等名 第53回日本臨床神経整理学会 学術大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

長崎大学 神経科学・リハビリテーション学研究室  
<http://www2.am.nagasaki-u.ac.jp/higashi-lab/index.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------